

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑭ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭57-173819

⑮ Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑯ 公開 昭和57年(1982)10月26日

G 02 F 1/31

7529-2H

G 02 B 5/174

8106-2H

G 02 F 1/03

7529-2H

発明の数 1

審査請求 未請求

(全 7 頁)

⑰ 光スイッチ

⑱ 発明者 三露常男

門真市大字門真1006番地松下電
器産業株式会社内

⑲ 特 願 昭56-60195

⑳ 出 願 昭56(1981)4月20日

㉑ 発明者 和佐清孝

門真市大字門真1006番地松下電
器産業株式会社内

㉒ 発明者 川口隆夫

門真市大字門真1006番地松下電
器産業株式会社内

㉓ 出 願 人 松下電器産業株式会社

門真市大字門真1006番地

㉔ 発明者 黄地謙三

門真市大字門真1006番地松下電
器産業株式会社内

㉕ 代理人 弁理士 中尾敏男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

光スイッチ

2. 特許請求の範囲

- (1) 基板の表面を被膜で覆い、この被膜に互いに交差する溝を設けかつこの溝に光伝搬媒体を埋設することにより互いに交差する光導波路を形成し、前記光導波路の交差部上にブラッグ回折を行なうブラッグ格子を設け、このブラッグ格子の近傍に1対の電極を設けたことを特徴とする光スイッチ。
- (2) 光伝搬媒体の光の屈折率が、被膜および基板の表面部の光の屈折率より大きいことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。
- (3) 基板の表面が、 MgO 、 $\alpha-Al_2O_3$ (サファイヤ)、スピネル、 $SrTiO_3$ のうちの少なくとも一種で構成され、かつ光伝搬媒体が、 $BaTiO_3$ 、 $PbTiO_3$ 、PLZT系化合物の少なくとも一種で構成されたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。
- (4) 基板の表面を $BGO(Bi_{12}GeO_{20})$ で構成

し、かつ光伝搬媒体を $Bi_{12}TiO_{20}$ あるいは、 $BSO(Bi_{12}SiO_{20})$ で構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。

- (5) 基板の表面を $LiTaO_3$ で構成し、かつ光伝搬媒体を $LiNbO_3$ で構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。
- (6) 基板の表面を GaP で構成し、かつ光伝搬媒体を $GaAs$ で構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。
- (7) 基板の表面を $\alpha-Al_2O_3$ で構成し、かつ光伝搬媒体を ZnO 、 ZnS 、 CdS 、 $ZnSe$ 、 $ZnTe$ あるいはこれらの化合物のうち一種で構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。
- (8) ブラッグ格子を少なくとも光伝搬媒体に周期的に凹凸を設けて形成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。
- (9) ブラッグ格子が少なくとも光伝搬媒体上にこの光伝搬媒体の屈折率より小なる屈折率を有する

材料に周期的に凹凸を設けたブラッグ格子形成膜からなることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。

00 ブラッグ格子形成膜が透明導電膜からなることを特徴とする特許請求の範囲第9項記載の光スイッチ。

00 ブラッグ格子が透明導電膜からなり楕円電極を構成することを特徴とする特許請求の範囲第9項記載の光スイッチ。

00 ブラッグ格子上にこのブラッグ格子の光の屈折率よりも小さい光の屈折率を有する材料からなるバッファ層を設け、このバッファ層上に太陽電池を積層させ、この太陽電池と1対の電極とを電気的に接続したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。

4. 発明の詳細な説明

本発明は、光スイッチに関するものであり、特に光IC用の薄膜光スイッチを提供するものである。

電子回路で電気を導くのに導線を使用するよう

に、またマイクロ波回路では導波管を使用するよう、光信号処理システムあるいは光ICでは、各種の光導波路が必要になる。

小形化光デバイスあるいは光ICに用いる光スイッチは従来例えば第1図(a),(b)に示すような、リッジ型(a)あるいは拡散型の導波路(b)を用いて形成していた。この場合、リッジ型では、例えば石英ガラスからなる基板11の上に、珪酸ガラスからなる薄膜12を設ける。また拡散型では、例えば、 LiNbO_3 単結晶基板13の表面に、Tiの拡散層からなる導波路14を設ける。

この種の光導波路は光の伝達のみならず、各種光回路、例えば光スイッチの形成あるいはこれらを集積化した光ICの形成に用いられる。しかしながら、リッジ型は、表面に凹凸があるから、この上に例えば光スイッチを形成し難いという欠点がある。また、拡散型光導波路の例では、導波路の境界が不明確であり、例えば同一表面に二次元的に複数のスイッチを集積化する場合、集積度に限界があるという欠点がある。

本発明は、これらの光スイッチの構造とその構成材料に改良を加え、従来の光スイッチの欠点を除去するものである。

すなわち、本発明の目的は、小型光デバイスあるいは光ICに用いるのに適した光スイッチの構造とその構成材料を与えることである。

以下、図面を用いた実施例により、本発明を説明する。

第2図は本発明の一実施例にかかる光スイッチである。

すなわち本実施例の光スイッチ21は、少なくとも表面221を保護被膜231で覆われた基板22と、保護被膜231に設けたU字溝232と、U字溝232内に埋設された光伝搬媒体233とからなる光導波路23を用いている。さらに、同光スイッチにおいて互いに交差する該光導波路23の交差部24上の両光導波路間でブラッグ条件を満足し光を偏向させるブラッグ格子25と、交差部24近傍でブラッグ格子25に近接した少なくとも2つの電圧印加電極26とが形成される。

この場合、光が光伝搬媒体23のみを通過すべく、光伝搬媒体23における光の屈折率を、保護被膜および基板22の表面層の光の屈折率より大きくする。

第2図に示すごとく、本発明の実施例にかかる光スイッチは、その表面が平坦である光導波路を用いている。また、光導波路部のU字溝の形成と、光伝搬媒体のU字溝への埋込みは、通常の半導体プロセス例えば蒸着プロセスとホトリソプロセスで形成できるから、従来の拡散型に見られるような光導波部の面内での広がりが少なく、第2図のU字溝232の境界に示すような、シャープな光導波路境界が実現できる。このため、本発明の実施例にかかる光スイッチは、光デバイスの高密度化、IC化に有効となる。

本発明者らは、この種の光スイッチの形成に、最適の構成材料があることを見出し、それに基づき、高性能の小型薄膜光スイッチを発明した。

すなわち、第2図の光スイッチの構造において、
基板21 MgO , $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (サファイヤ)、スピネル、

2) ス、シリコンの層らしき点路元にて、へ、大、る、と、ホ、ス、う、つ、と、受、至、一、

7

SrTiO_3 のうちのいずれかで構成し、該光伝搬媒体を、 BaTiO_3 、 PbTiO_3 あるいは PLZT 系化合物のうちのいずれかで構成すると、形成も容易でかつこの種の光スイッチの集積化も容易であることを見出した。すなわち、第2図の構造の光スイッチにおいて、光伝搬媒体中の光の屈折率が、表面保護層および基板中の光の屈折率より大きいという基本的な条件以外に、光スイッチとして実用するには、例えば光伝搬媒体中の光の伝搬損失が小さいこと、また光伝搬媒体が形成され得るような特性をもった基板を有することが重要である。さらに、この種の光スイッチが、小型化あるいは集積化光デバイスにも応用されるには、光伝搬媒体が例えば大きい電気光学効果を示す必要がある。さらに、表面保護層の形成と、U字溝への光伝搬媒体の埋込みが可能であることも、これらの材料の選択に重要である。

光伝搬損失が小さく、しかも電気光学効果が大きい材料としては、従来の技術では、例えば、 LiNbO_3 のバルク単結晶があるが、第2図の構造

9

能する。さらに前記ブラッグ格子はまた前記光伝搬媒体上に前記光伝搬媒体の屈折率より小さい屈折率を有する材料で周期的に凹凸を設けてブラッグ格子が形成される。

本発明の光スイッチの構成とその実現の可能性について、構成材料を変えて探索した結果、例えば、光伝搬媒体として、 PbTiO_3 薄膜が適し、基板にサファイヤ ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) 単結晶板が適し、表面保護層に石英ガラスが適し、電圧印加電極に例えば蒸着 Al が適していることを確認した。すなわち、この種の構成材料では、スパッタリング法および真空蒸着法という薄膜形成技術を導入することにより、比較的低温で、本発明にかかる構造の光スイッチが実現でき、光 IC など、光集積化デバイスの実現に有効であることを確認した。

次に本発明にかかる光スイッチの形成手順と構成材料要素をさらに詳しく説明する。

まず、例えばサファイヤ (0001) 面の単結晶板を基板にし、この上に、例えば石英ガラス膜を厚さ $0.2\mu\text{m}$ 程度例えば高周波スパッタリングで蒸

特開昭57-173819(3)

を実現するためには、この種のバルク単結晶を薄く研磨して、 LiNbO_3 より光の屈折率が小さい基板、例えば、石英ガラス板上に接着する必要がある。一方、高度の光通信には単一モードの光を伝搬させるが、これには、光伝搬媒体の厚さを光の波長と同程度の μm オーダにする必要がある。しかし、単結晶を μm オーダに研磨、接着することは実際には不可能であるから、通常は、単結晶の基板、例えば LiNbO_3 光伝搬路の場合は、これより光の屈折率が小さい、例えば 1000°C 程度の高温下で液相エピして形成する。しかしながら、このような製造プロセスでは、第2図の本発明の実施例にかかる光導波路は実現できない。

第2図に示すように本発明の実施例の光スイッチにおいて、ブラッグ格子を少なくとも光伝搬媒体に周期的な凹凸を設けて形成すると、形成が容易でかつ集積化も容易であることを発見した。また、前記ブラッグ格子のブラッグ条件を満足するのは光の単一モードのみであるため、多モードの光を用いる場合は光のモードフィルターとして機

10

着する。この場合、蒸着時の基板の温度は、 $200\sim 300^\circ\text{C}$ 程度である。この石英ガラス膜よりなる被膜に通常の半導体製造プロセスに用いる例えばフォトリソ加工により、U字溝を形成する。次に、このU字溝部に、再び高周波スパッタリングで、 PbTiO_3 薄膜を、石英ガラスの厚さだけ蒸着する。この場合、基板温度を 600°C 程度にし、化学組成が PbTiO_3 の化学当量比からのずれがないとすると、(111)面の PbTiO_3 の透明な単結晶薄膜が形成される。

このように形成された光導波路の交差部をたとえばフォトリソ加工によりブラッグ条件を満足する周期的な凹凸を設けブラッグ格子を形成する。次に例えば Al を $0.2\mu\text{m}$ 真空蒸着したのちフォトリソ加工により電圧印加電極を例えば第2図のごとくブラッグ格子に近接し該ブラッグ格子をはさみこむ配置とし、前記電圧印加電極を直流電源に接続する。

簡単のため単一モードの光で説明すると電源 OFF の場合、光導波路内を伝搬してきた光は

ブラッグ格子により偏向されブラッグ条件を満足する光導波路へと伝搬し、直進しない。一方、電源をONすると前記光伝搬媒体の光電効果により、屈折率 n が変化し、ブラッグ条件が満足されなくなり光は直進することになる。したがって、一方の導波路端を観測すると電源のON-OFFに対応して光がON-OFFされることになる。多モードの光の場合は通常一つのモードのみをブラッグ条件を満足させることが可能であるので光スイッチとしては動作しない。具体的に前記光導波路が直交しており、前記光導波路の幅が $50\mu\text{m}$ 、ブラッグ格子間隔が $7.6\mu\text{m}$ 、前記電圧印加電極間距離が $80\mu\text{m}$ 、波長が $0.6328\mu\text{m}$ の光波の場合、印加電圧が 90V で 10dB の消光比を得ることを確認した。従来のTi拡散型光導波路を用いて上記と同様の構成で光スイッチを作製する場合、光導波路の広がりの影響のため消光比 6dB であったのと比較して、前記実施例の場合非常に改善されていることが確認できる。

以上の説明では、基板としてサファイヤ(0001)

さらに同様の構成材料として、基板として、 $\text{BGO}(\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20})$ 単結晶を用い、光伝搬媒体として $\text{BTO}(\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20})$ あるいは $\text{BSO}(\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20})$ 薄膜を用いることが可能であることを確認した。さらに基板材料として LiTaO_3 単結晶板、光伝搬媒体材料として LiNbO_3 薄膜が使用できることを確認した。

本発明者らは、さらに本発明にかかる構成の光スイッチにおいて、ブラッグ格子と電極に改良を加えた。すなわち、第3図に示すようにこれらの構成材料として透明導電膜例えば In_2O_3 、 SnO_2 あるいは $\text{ITO}(\text{In}_2\text{O}_3-\text{SnO}_2)$ などで、光導波路上23に周期性を有する櫛型電極31を設けると、該櫛型電極31がブラッグ格子を形成するので、ブラッグ格子と電極が一体化されることを発明した。

この構造を用いると櫛型電極間距離を $10\mu\text{m}$ 以下に容易に形成できるので消光比を低下させることなく印加電圧がこの構成を用いないものに比べおよそ $\frac{1}{2}$ の 10V 以下という低電圧で光スイッチ

面単結晶板について述べたが、同様な効果は、 MgO 、 SrTiO_3 単結晶の(100)面や、スピネル $(\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3)$ 単結晶の(110)面を基板に用いても得られることを確認した。この場合は、 PbTiO_3 膜な(100)面が成長する。

さらに、光伝搬媒体も、 PbTiO_3 以外に、 BaTiO_3 や PLZT 系薄膜例えば、 $\text{PLZT}(9/65/35)$ 、 PLT 、 PZT などのペロブスカイト構造の薄膜でも、 PbTiO_3 と同様の製造プロセスで形成でき電気光学効果も大きく、本発明にかかる光スイッチの構成材料として有効である。

(以下 余白)

を駆動させることができることを確認した。この構成における透明導電膜は、例えばRFスパッタとりわけマグネトロン型RFスパッタを用いると、 100°C 以下の低温でも容易に形成でき、しかもその光学的特性が良好である。この構成は低温で形成でき、しかも構造が簡単であるため光ICなどの集積化光デバイスの形成にはより有効である。

以上の説明では、表面被膜として、石英ガラスについて述べたが、表面被膜としては、その光の屈折率が光の伝搬媒体より小さく、またU字溝が例えばホトエッチ法で容易に形成できさえすればよく、石英ガラスに限定されるものではない。例えば、硼珪酸ガラス、ソーダガラスその他、窒化シリコン等でも実用できる。

また、前記具体例で示した、基板あるいは光伝搬媒体の材料以外でも、化学組成やその結晶方位等を変化させることにより、本発明の光スイッチの構成材料となりうる。

例えば、III-V族化合物でも本発明の構成の基本条件さえ満足されていれば使用でき、例えば基板

にGapを、光伝搬媒体をGaAsにする。この場合、赤外線用の光導波路として有効である。また、II-V族化合物も使用可能で、例えば、基板にZnSe単結晶を、光伝搬媒体をZnTeにするとよい。

また、これらのII-V族化合物、例えばZnO、ZnS、CdS、ZnSe、ZnTeあるいはこれらの化合物を光伝搬媒体に用い、基板に α -Al₂O₃を用いてもよい。例えば、ZnOを光伝搬媒質に用いる場合、(0001)面あるいは(0112)面の α -Al₂O₃単結晶の基板を用い、ZnO膜を例えばマグネトロンスパッタで蒸着すると、スパッタ蒸着中の基板温度が、300~400℃という低温でも、光伝搬損失が例えば2dB/cm以下という良好な単結晶薄膜がエピタキシャル成長し、この種の光導波路の形成に有用であることを確認した。

また基板に課せられる特性も、必ずしも基板全体に要求されることはなく、基板の表面さえ満足されていればよい。

て、第2図に示す構成のものを用いたが、第6図、第6図に示す構成の光導波路を用いても、本発明の効果が得られることを見出した。

ここで、第6図は少なくとも表面にU字溝61が設けられた基板62と、前記U字溝61内に埋設された光伝搬媒体43とから構成された光導波路を示す。第6図は、表面U字溝61が設けられた結晶性基板62とU字溝61の内側面に被覆されたガラス質薄膜63とU字溝内に埋設された光伝搬媒体64とから構成された光導波路を示す。

これらの構造の光導波路を用いれば導波路の境界が明確であり、表面に段差がないので三次元的な構成が可能で第2図に示したものと同様の効果がある。

さらに第7図に示す構成の光回路用基板を本発明のスイッチに用いても、同様の効果が得られることを見出した。

第7図の光回路用基板は少なくとも表面を光伝搬媒質層71で覆われた基板72と、光伝搬媒質層71と、この光伝搬媒質層71と基板72との

本発明者らは、本発明にかかる構成の光スイッチにおいて、電界供給源として太陽電池を用いた。第4図(a)、(b)にこの構成を示す。この構成の光スイッチはブラッグ格子25上に光伝搬媒体233の光の屈折率より小さい光の屈折率を有する材料からなるバッファ層41を設け、さらにバッファ層41上に太陽電池42を積層し、この太陽電池42と電極26とを電気的に導電層43を用いて結合させる構造からなる。

この構造の光スイッチを用いると太陽電池に光をONまたはOFFさせることにより光スイッチを駆動させることが可能で、しかも本発明の構造の光スイッチを用いているので消光比が大きく、しかもブラッグ格子25上に太陽電池42を積層しているので外部電源が必要なくかつ不必要な電界が他の部分に加わらないという効果がある。この光スイッチは複雑な電気配線の必要がないので集積化に極めて適しいおり、光のみで制御する光ICを形成することができる。

更に本発明者らは光スイッチ用の光導波路とし

間に設けられた基板バッファ層73とから構成されている。この場合、光が光伝搬媒質層71のみを通過するべく、基板バッファ層73の光の屈折率が、光伝搬媒質層71と接する面において基板バッファ層73の光の屈折率を小さくする。この場合、該基板22の屈折率が光伝搬媒質71の屈折率より大きい場合でも、光伝搬媒質層の光の屈折率より小さい基板バッファ層を用いることにより特性の優れた光回路用基板が形成される。したがって、この光回路用基板を用いても本発明と同等の光スイッチを形成することができる。

以上の説明から明らかなごとく、本発明にかかる光スイッチは、従来の拡散型に見られたような光導波路部の面内での広がりがなく形成でき、またリッジ型のような表面段差が少ないので三次元的な構成がしやすく、例えばPLZT系化合物などで構成した光導波路を用いることにより10 μ m以下で光スイッチを形成することができる。かつこの種のポッケルス定数の大きい物質を用いることにより屈折率の差 Δn を低電圧で容易に得るこ

とができるので、消光比を10dB以上うることができる。また、その光スイッチの加工精度は現在の半導体プロセスを用いれば、 $1\mu\text{m}$ 以下の所謂サブミクロンの範囲まで可能である。したがって、本発明にかかる光スイッチは光デバイスの小型化、集積化、光IC等の集積化機能デバイスとして有効である。

4、図面の簡単な説明

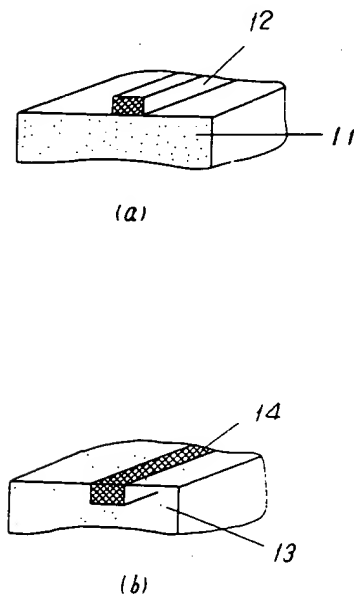
第1図(a)、(b)は従来の薄膜光導波路の構造を示す図、第2図は本発明の一実施例にかかる光スイッチの構造を示す図、第3図は本発明の他の実施例にかかる光スイッチの構造を示す図、第4図(a)、(b)は本発明のさらに他の実施例にかかる光スイッチの構造を示す図、第5図は光スイッチに用いる光導波路の他の実施例を示す図、第6図は光スイッチに用いる光導波路の他の実施例を示す図、第7図は光スイッチに用いる光導波路の他の実施例を示す図である。

22.....基板、23.....光導波路(光伝搬媒体)、24.....交差部、26.....プラグ

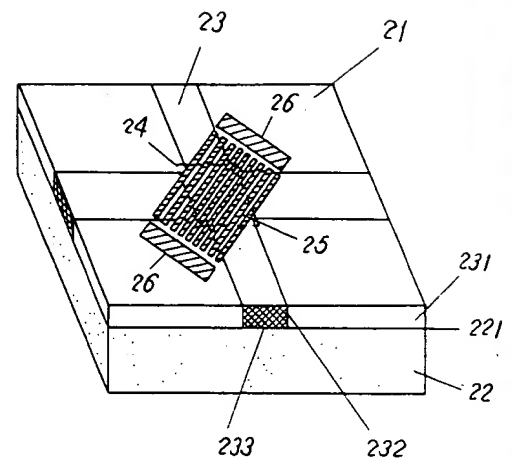
格子、26.....電圧印加電極、231.....被膜(保護被膜)、232.....溝(U字溝)、233.....光伝搬媒体、41.....パツファ層、42.....太陽電池、43.....導電層。

代理人の氏名 弁理士 中 尾 敏 男 ほか1名

第 1 図

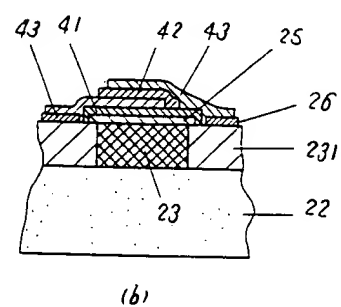
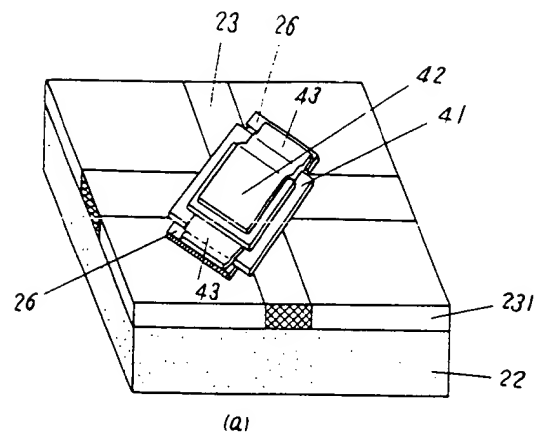
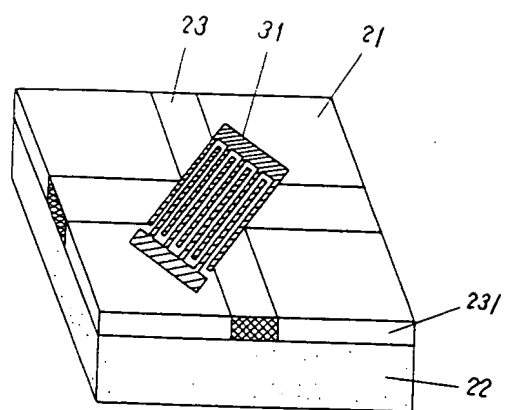


第 2 図

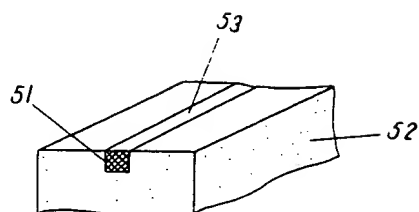


第 4 図

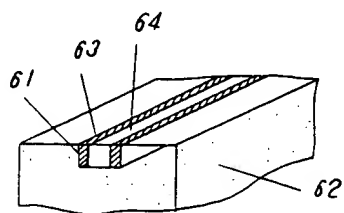
第 3 図



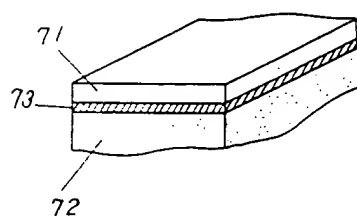
第 5 図



第 6 図



第 7 図



(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 57173819 A

(43) Date of publication of application: 26 . 10 . 82

(51) Int. Cl.

G02F 1/31
// G02B 5/174
G02F 1/03

(21) Application number: 56060195

(22) Date of filing: 20 . 04 . 81

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor:
KAWAGUCHI TAKAO
OCHI KENZO
MITSUYU TSUNEO
WASA KIYOTAKA

(54) OPTICAL SWITCH

(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain an excellent optical switch used for a small-sized device, etc., by covering the surface of a substrate with a protective film, providing grooves meeting at right angles with each other, on the film, embedding an optical propagation medium in the grooves, forming an optical waveguide, and providing a black diffraction grating and one pair of electrodes on said crossing part.

CONSTITUTION: A substrate 22 of a sapphire, etc. is covered with a protective film 231 of SiO_2 , etc., grooves 232 meeting at right angles with each other are formed on the film 231, an optical propagation medium 233 of PbTiO_3 , etc. is embedded in the grooves, and an optical waveguide 23 is formed. On a crossing part 24 of the optical waveguide 23, a black grating 25 for executing the black diffraction is formed by a transparent conductive film. One pair of electrodes 26 are formed in the proximity of the grating 25. In this case, the optical propagation medium 233 whose refractive index is larger than the surface of the film 231 and the substrate 22 is used. Also, as for the refractive index of the grating 25, a material whose refractive index is smaller than the medium 233 is used. In this way, it is possible to easily form an excellent optical switch which is high in its

integration degree and suitable for an optical IC, etc. A comb line electrode can be formed by making it serve as the black grating and the electrode.

COPYRIGHT: (C)1982,JPO&Japio

